

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Michal Stankuš

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Bezpečný přenos dat v prostředí digitálních
účastnických smyček (VDSL)
Secure data transmission with digital subscriber
link (VDSL)

2009

Michal Stankuš

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě

Podpis studenta

Abstrakt

Tato bakalářská práce řeší problematiku přenosu dat mezi koncovými uživateli v rámci širokopásmové přístupové sítě VDSL se zabezpečeným provozem.

Zabývá se touto velmi rychlou širokopásmovou přístupovou sítí v poslední míli z řad xDSL.

Poskytující maximální teoretickou rychlost obousměrného přenosu dat do 100 Mb/s po stávajícím dvoudrátovém vedení do 300 metrů. Je zde popsána jak technologie samotná, tak její specifikace, a všechna potřebná zařízení pro realizaci této sítě. Dále pak jejich následná nutná konfigurace pro správný a bezpečný provoz.

Klíčová slova

frekvenční pásmo, ethernet, DSLAM, modem, směrovač, VLANové skupiny

Abstract

This bachelor labour solves problems of data transmission between end users of wideband access VDSL networks with secure traffic.

It deal with very fast wideband access network in last mile in xDSL series.

It provides maximal theoretical speed of full duplex transmission up to 100 Mb per second using existing the twisted-pair wires up to 300 meters distance. There are technology, specifications and devices described here necessary to realization network and their configurations for correct and safety functionality.

Key words

frequence band, ethernet, DSLAM, modem, router, VLANs group

Seznam použitých symbolů a zkratek

ATM	Asynchronous Transfer Mode
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DMT	Discrete Multi Tone
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
EFMC	Ethernet in the First Mile Copper
EoVDSL	Ethernet over Very High-Speed Digital Subscriber Line
FDD	Frequency Division Duplex
FITL	Fiber In The Loop
FTTB	Fiber To The Building
FTTCab	Fiber To The Kabinet
FTTE	Fiber To The Exchange
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protokol
LAN	Local Area Network
MDF	Main Distribution Frame
Modem	modulator-demodulator
NEXT	Near End Cross Talk
PTM-TC	Packet Transfer Mode - Transmission Konvergence
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
SDMT	Synchronized Discrete Multitone
TDD	Time Division Duplex
VDSL	Very High-Speed Digital Subscriber Line
VLAN	Virtual Local Area Network
WAN	Wide Area Network

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Teoretická část.....	3
2.1.	Přístupová technologie VDSL.....	3
2.2.	Modulace a dělení kanálů.....	4
2.3.	Plány a profily.....	6
2.4.	Hardware.....	7
2.5.	Příklady realizace sítí.....	8
2.6.	Ethernet přes VDSL.....	9
2.7.	Zabezpečení.....	11
3	Praktická část.....	14
3.1.	Návrh a realizace sítě.....	14
3.2.	Popis použitých zařízení.....	16
3.3.	Konfigurace síťových prvků.....	18
3.4.	Zabezpečení provozu.....	24
4	Grafická prezentace.....	31
5	Závěr.....	33

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá poskytnutím koncovým účastníkům garantovaného zabezpečeného přenosu dat při použité velké přenosové rychlosti jak v dopředném, tak ve zpětném směru prostřednictvím širokopásmové přístupové sítě VDSL. Realizace této sítě je provedena přes stávající dvoudrátové vedení sloužící pro telefonní služby zastupující první míli avšak relativně do kratších vzdáleností, jelikož přenosová rychlost dat úměrně klesá s délkou vedení.

Tato technologie byla vyvinuta pro potřebu zákazníků či firem přenášet ve zpětném směru, tedy směrem od koncového účastníka do internetu větší objem dat, větší přenosovou rychlostí, tedy poskytnout symetrický provoz, jelikož velká přenosová rychlost byla již dříve možná pouze v dopředném směru. Využíváno větší frekvenční pásmo, což umožňuje vyšší přenosovou rychlost a tím poskytovat kvalitní služby, jako triple play (hlas, data, videokonference, HDTV). Výhodou je možnost provozu telefonních služeb spolu s datovým přenosem po jediném vedení, která jsou vzájemně oddělena rozdělovači, frekvenčními filtry.

V současné době je použití VDSL systému alternativou k optickým přípojkám, které nejsou kvůli své nutnosti pokládat optické kabely a vyšší ceně stále ne moc rozšířené.

Proto realizace probíhá přivedením optických vláken pouze co nejblíže k uživatelům do místa ústředny, kde je umístěn DSLAM a další rozvedení probíhá prostřednictvím krouceného měděného páru, tím vzniká hybridní síť označována jako FITL.

V této technologii je převážně využívána modulace DMT pro kvalitní přenos, zejména odstupu signálu od šumu a efektivní rozdělení frekvenčního pásma do subkanálů. Pro efektivní využití šířky pásma lze použít skupinové vysílání replikující datové toky mezi více uživateli požadující stejná data. Toto vyžaduje DSLAM podporující IGMP protokol, který spravuje skupiny uživatelů.

Toto jsou jedny z mála principů, na kterém VDSL systémy pracují a co umožňují, detailnější pohled a objasnění pojmu této problematiky je popsána v teoretické části.

Zde jsou popsány odlišnosti specifikací VDSL, co se pracovního principu a použitého frekvenčního pásma či přenosové rychlosti týče. Dále pak popis používaných zařízení s příklady nejčastějšího provedení sítí.

V praktické části je popsán a odzkoušený vytvořený síťový zapojení spolu s použitými síťovými prvky. Dále pak jejich konfigurace, která je realizována jednoduše prostřednictvím webového rozhraní

a příkazového řádku. Co se zabezpečení týká, jsou zde vytvořeny privátní skupiny VLAN, do kterých jsou přiřazeni jednotliví uživatelé. Jako další zabezpečení je zvoleno filtrování MAC adres identifikující jednotlivé připojené uživatele, kterým může být na tomto základě povolen přístup. Pro usnadnění přidělení uživatelům IP adres je na každém DSL směrovači zprovozněn DHCP server. V zapojení je použit ethernet přes VDSL technologii.

2 Teoretická část

2.1. Přístupová technologie VDSL

VDSL1

Jedná se o velmi rychlou digitální účastnickou přípojku reprezentující přístupovou síť v poslední míli, která je bránou do rozsáhlejší sítě WAN.

Jsou definovány dva standardy v doporučení ITU-T. První verze VDSL je označována jako G.993.1, která pracuje v pásmu nejčastěji od 138kHz do 12MHz. Umožňuje maximální přenos dat do 52Mb/s v dopředném směru a do 2,3Mb/s ve zpětném směru při asymetrickém režimu. V symetrickém režimu umožňuje obousměrný přenos dat do 36Mb/s. Tyto přenosové rychlosti jsou, jak již bylo zmíněno maximální a jsou tedy možné pouze na velmi krátké vzdálenosti cca 300 m po měděném dvoudrátovém vedení. Velikou výhodou je, že dovoluje spolu s přenosem dat koexistenci s analogovou POTS a digitální ISDN telefonní službou, jelikož pracuje mimo hovorové pásmo, které je v rozmezí 0,3 až 3,4kHz. Také je zpětně kompatibilní se všemi předchůdci xDSL pracujícími v pásmu pod 1,1MHz. Tato verze preferuje jako modulaci QAM, nebo CAP, ale především modulaci DMT a pro oddělení dopředných a zpětných kanálů je používá frekvenční dělení kanálů FDD.

VDSL2

Druhý standard označovaný jako G.993.2 vychází z VDSL1 a se vyznačuje rozšířením frekvenčního pásma do 30MHz a posunutím dolní frekvence na 25kHz. Proto dovoluje rychlejší přenos dat do 100Mb/s obousměrného režimu. Toto rozšíření umožňuje telekomunikačním operátorům poskytovat služby náročné na šířku pásma.

Stejně jako v předešlém případě je přenosová rychlost závislá na délce vedení a proto se velké přenosové rychlosti dosahuje pouze na velmi krátké vzdálenosti.

V této druhé generaci je používána zejména DMT modulace a digitální duplex pro oddělení dopředných a zpětných kanálů.

Navíc se zde využívá metoda prokládání (interleaving) pro odstranění impulsního šumu. Nevýhodou tohoto mechanismu je, že tak vzniká výrazné zpoždění. Proto byl definován koncept duální latence, kde lze datový tok rozdělit na rychlý a prokládaný. Prokládaný režim není určený pro provoz citlivý

na zpoždění. Rychlý režim bez prokládání je většinou využit pro přístup k internetu, kde se o kontrolu chyb stará protokol vyšší vrstvy TCP.

2.2. Modulace a dělení kanálů

Modulace DMT

Jak již bylo zmíněno oba standardy VDSL používají modulaci DMT, což je modulace pracující s více nosnými kmitočty, tedy obdoba OFDM. Principálně je celé frekvenční pásmo rozděleno na řadu subkanálů, jejichž šířka je pevně dána. Přehled o počtech subkanálů a šířce pásma dává tabulka Tab.1.

Typ přípojky	VDSL2	VDSL2	VDSL2
Rozteč subkanálů [kHz]	4,3215	4,3125	8,625
Počet subkanálů	1972	4096	3479
Šířka pásma [MHz]	8,5	17,7	30

Tab.1: Přehled šířky pásma a subkanálu

V těchto subkanálech, se provádí modulace uživatelských dat pomocí kvadrurně-amplitudové modulace (QAM). Modulace DMT se realizuje pomocí inverzní Fourierovi transformace, kterou se skupina symbolů QAM ve všech subkanálech převede do časové oblasti na tzv. DMT symbol. Vzájemná nezávislost jednotlivých subkanálů dovoluje, podle aktuálního poměru signálu a šumu (SNR), používat pro každý subkanál rozdílný počet stavů modulace QAM. Modulační rychlost je pro všechny subkanály stejná, pouze ve VDSL2 nad 17,7 MHz je dvojnásobná. DMT tedy pomocí přizpůsobení se měnícím podmínkám ve vedení podporuje vysokou propustnost a optimalizuje využití šířky pásma.

Modulace SDMT

Jelikož je pásmo využíváno i jinými krátkovlnnými službami, může být VDSL ovlivněna přeslechem na blízkém konci NEXT. Proto se vyvinula další modulace, která eliminuje NEXT na minimum. Modulace SDMT používá pro oddělení dopředných a zpětných datových toků časový duplex TDD a

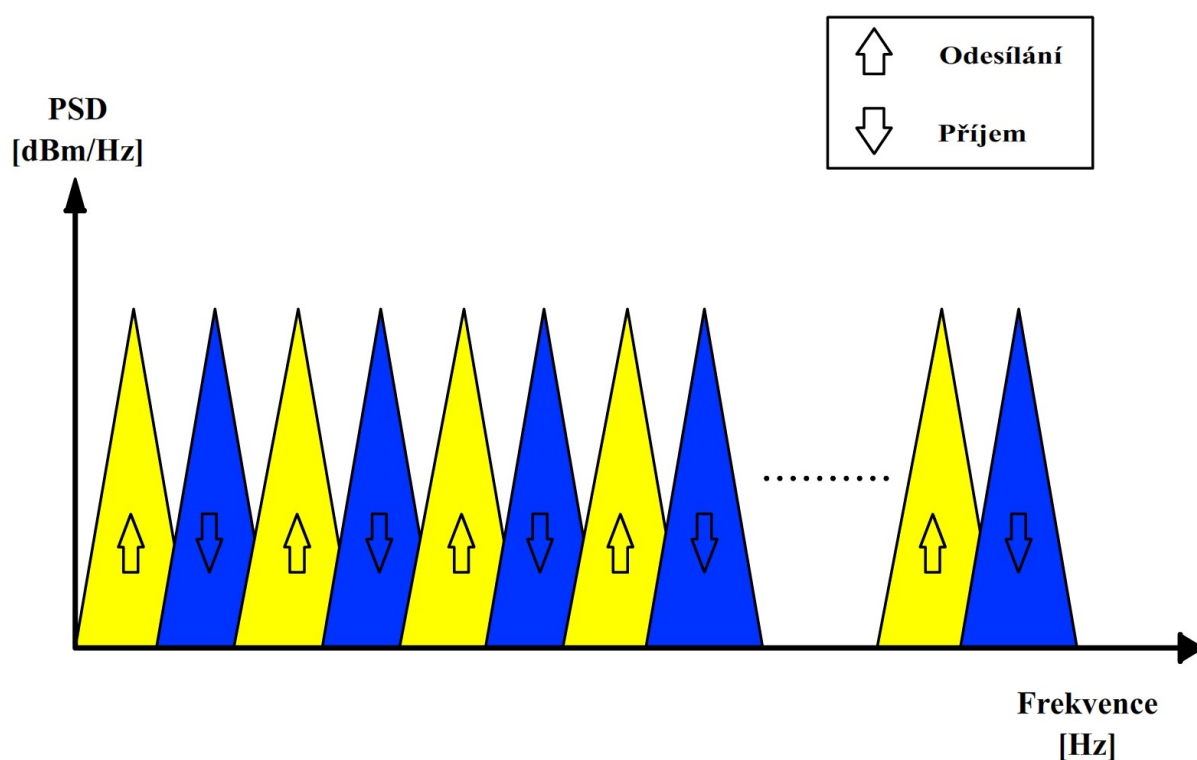
zabraňuje tak současnému vysílání a přijímání dat v modemu. Pro větší izolaci subkanálu a zvýšení celkové výkonnosti je používána modulace DWMT.

Dělení kanálů

Dříve bylo používáno frekvenční dělení kanálů FDD, pro oddělení dopředných a zpětných kanálů.

V současné době se používá metoda Zipper, označována jako digitální duplex.

Pracuje na principu střídání zpětných a dopředných přenosů, čímž se zabraňuje prosakování mezi jednotlivými nosnými. Systém je koncipován tak, že libovolná dostupná nosná může být použita pro libovolný z obou směrů.



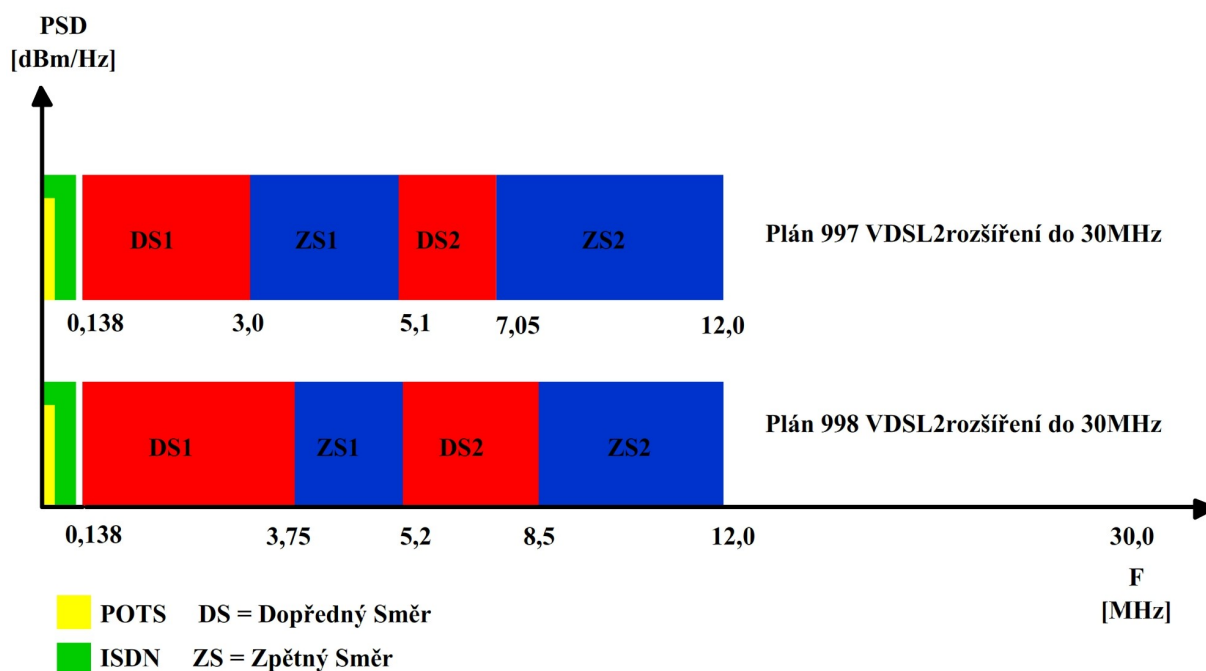
Obr.1: Princip Zipper metody

2.3. Plány a profily

Plány

Jsou definovány dva plány, ve kterých VDSL může pracovat. První označovaný jako plán 998 vhodnější pro asymetrické služby a druhý plán 997, který je vhodnější pro symetrické služby. Každý plán je rozdělen do více spekter, kde je část frekvenčního spektra přidělena pro dopředný směr a část pro zpětný směr. Počet použitých pásem se ve směru od účastníka (DS1 až DS3) a směrem od účastníka (US0 až US3) se odvíjí, jak od očekávané přenosové rychlosti, tak od délky a útlumu vedení.

Nejspodnější pásmo US0 pro směr od účastníka k poskytovateli se buď nepoužije nebo se použije pro případný provoz analogové telefonní POTS nebo digitální ISDN přípojky. Toto pásmo při použití bývá v kmitočtovém rozmezí mezi 25kHz až 138kHz nebo se zpětný kanál rozšíří na frekvenci 276kHz.



Obr.2: Přehled plánů

Profily

Ve VDSL2 existuje osm profilů definující možnosti vysílacího výkonu v místní smyčce.

Následující tabulka zobrazuje, označení profilů použitelných pro vytvoření VDSL2 spojení.

Každému profilu je přiřazeno frekvenční pásmo (vyjádřeno číslicí), ve kterém pracuje a úroveň vysílacího výkonu (vyjádřeno písmeny).

označení profilu	8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
šířka pásma [MHz]	8,5	8,5	8,5	8,5	12	12	17,7	30
vysílací výkon [dBm]	+17,5	+20,5	+11,5	+14,5	+14,5	+14,5	+14,5	+14,5

Tab.2: Definice profilů VDSL2

2.4. Hardware

Pro seznámení jsou zde popsána zařízení, která jsou potřebná pro vytvoření VDSL spojení.

DSLAM

Základ architektury VDSL tvoří síťové zařízení DSLAM, jedná se o přístupový multiplexor, který tvoří hlavní bránu do rozsáhlejší WAN sítě (např. Ethernet, ATM nebo Frame Relay). Provádí jak směrování, tak distribuci služeb mezi modemy uživatelů. Funkcionálně je to soubor modemů, kde každý modem na přídavné agregační kartě komunikuje s účastnickým DSL modemem. Zajišťuje řízení provozu, údržbu sítě a provádí zapouzdření toku bitů do rámců DSL. Mimo jiné podporuje filtraci paketů a QoS, umožňující upřednostňování provozu podle priorit.

DSLAM může posílat data od jednotlivých uživatelů ve dvou režimech.

V režimu ATM, což je WAN, kde se data zapouzdřují do buněk o velikosti 53 oktetů.

Nebo se DSLAM napojí na IP síť, používající PTM-TC protokol, kde se data přenáší v IP diagramech proměnných délek, který je současným trendem označován v tomto případě jako ethernet přes VDSL. Samotné připojení linek koncových účastníků se provádí prostřednictvím MDF, což je svazek distribučních přípojek jednotlivých portů, kterých je většinou 24, avšak to záleží na instalované přídavné kartě v DSLAMu.

Rozdělovač

Jelikož se po stejném vedení přenáší jak data, tak hlasový signál, je zapotřebí tato data a hlas na koncích vedení oddělit. Pro tento účel se používají filtrovací prvky, označované jako rozdělovače (splitter). Tento prvek je složen z filtru s dolní propustí, určený pro kmitočty pod 3,4kHz a filtru s horní propustí určený pro datové signály vyšších kmitočtů.

Modem

Je to síťové zařízení provádějící jako hlavní funkci modulaci a demodulaci signálu, tedy převod z analogového tvaru na digitální a naopak. DSL modemy pro svou činnost nevyužívají základní telefonní pásmo do 4kHz, takže umožňují současně s datovým provozem přenášet také telefonní hovory. Většinou se používají jako externí zařízení, vybaveny rozhraními RJ-45 pro Ethernet, tvořící přípojku k počítačovým stanicím. Dále pak rozhraním RJ-11 pro DSL spojení.

Klasické modemy poskytují připojení pro jeden počítač, větší možnosti nabízejí DSL směrovače zpřístupňující připojení pro více počítačů a umožňují individuální adresaci všech jednotlivých zařízení.

2.5. Příklady realizace sítí

FTTx

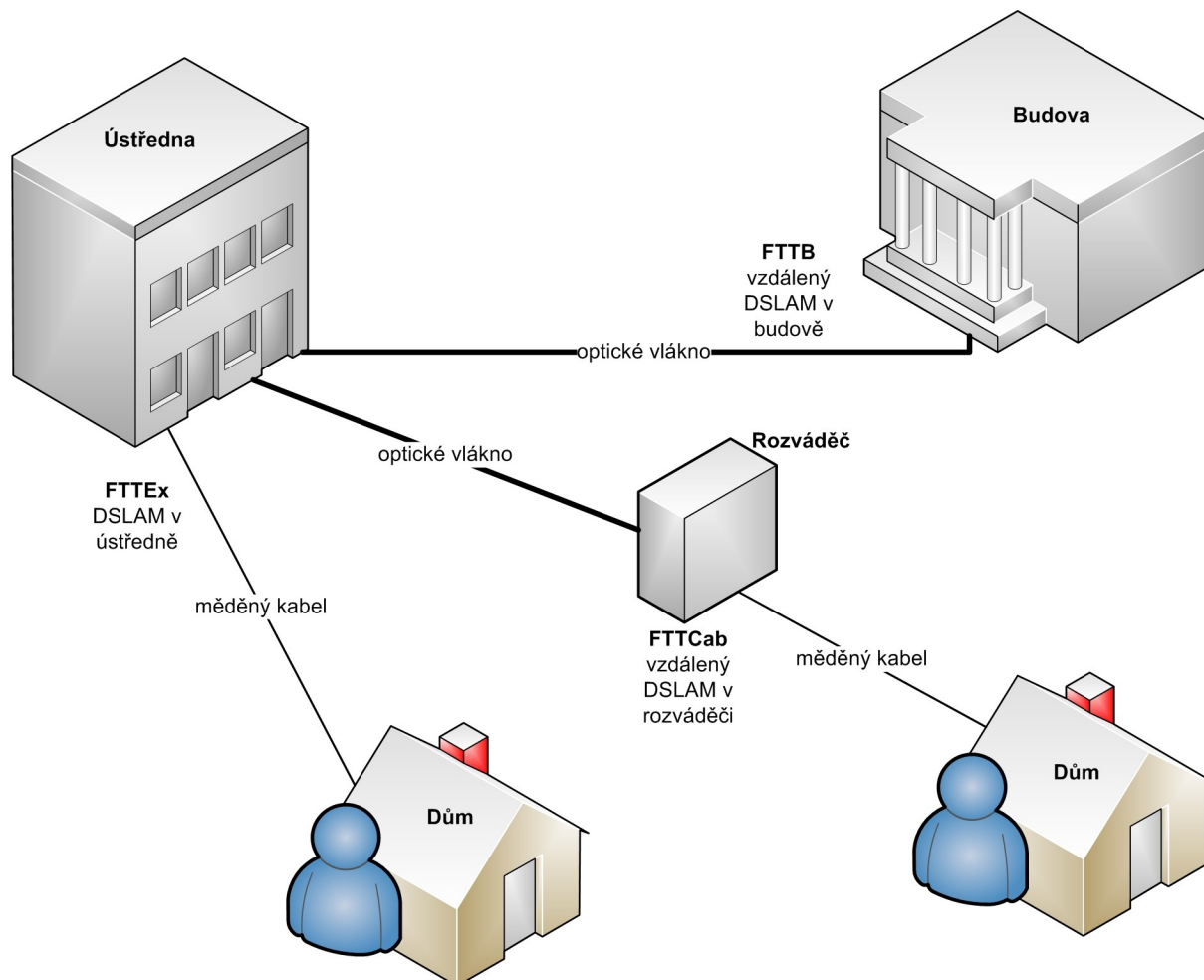
Řešením VDSL je přivedení optické přípojky, co nejbližší ke koncovým účastníkům, dále napojení tohoto optického kabelu do DSLAMu a konečné rozvedení jednotlivých přípojek ke koncovým účastníkům prostřednictvím kroucených měděných párů.

Existuje několik označení, které se liší umístěním přístupového multiplexoru DSLAMu.

Označení FTTE je založeno na přivedení optické sítě do DSLAMu v ústředně, další rozvedení je řešeno měděným krouceným párem s délkou vedení do 2500m. Pro tento typ se aplikují profily 8a-8b a 12a-12b. FTTCab označuje dovedení optiky do rozvodné skříně, rozvaděče a následné rozvedení krouceným párem do vzdálenosti 1500m používající profil označený 17a.

Dovedením optického uzlu až do budovy označováno jako FTTB, je vhodné použít profil 30a poskytující maximální přenosovou rychlost, jelikož je zde rozvedení metalického vedení provedeno na velmi krátkou vzdálenost.

Jak lze jednoduše vydedukovat je použití širokého frekvenčního pásma omezeno výsílacím výkonem, jelikož vyšší výkon nelze kombinovat s širokým pásmem. Proto jsou nutná relativně krátká metalická vedení, aby se dosáhlo největší dostupné přenosové rychlosti.



Obr.3: Možnosti přivedení optického uzlu

2.6. Ethernet přes VDSL

Toto je vynikající řešení pro vysokorychlostní aplikace. Přináší jednak jednoduché připojení jakéhokoliv zařízení podporující ethernet LAN, ale také zde není požadována žádná protokolová konverze. Ethernet přes VDSL vychází z využití VDSL pro EFMC. EFMC nese v sobě označení ethernet v první míli, který je realizován po dvoubodovém krouceném měděném páru.

O přenos rámců v metalických i optických kabelech se stará specifikace IEEE 802.3ah, která klade uživatele na první místo. Protože ethernet jen obtížně garantuje kvalitu služby Qos, uplatňují se zde mechanismy v normách IEEE, jako řešení virtuálních VLAN dle 802.1q a přidělování různých priorit různým typům provozu dle 802.1p. EFMC nepotřebuje protokol MAC, jelikož používá přesné dělení mezi dopřednými a zpětnými kanály.

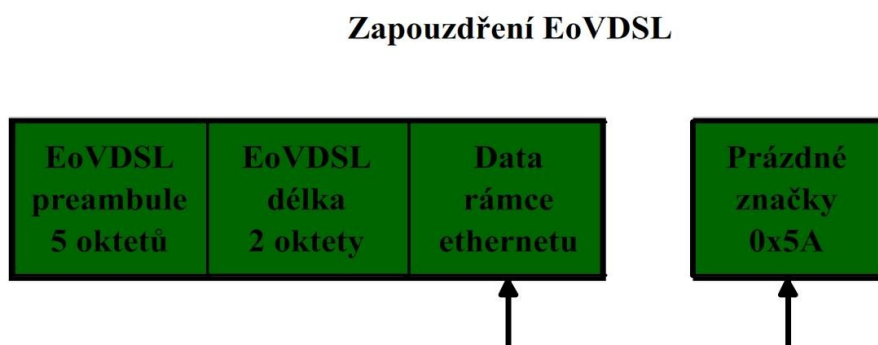
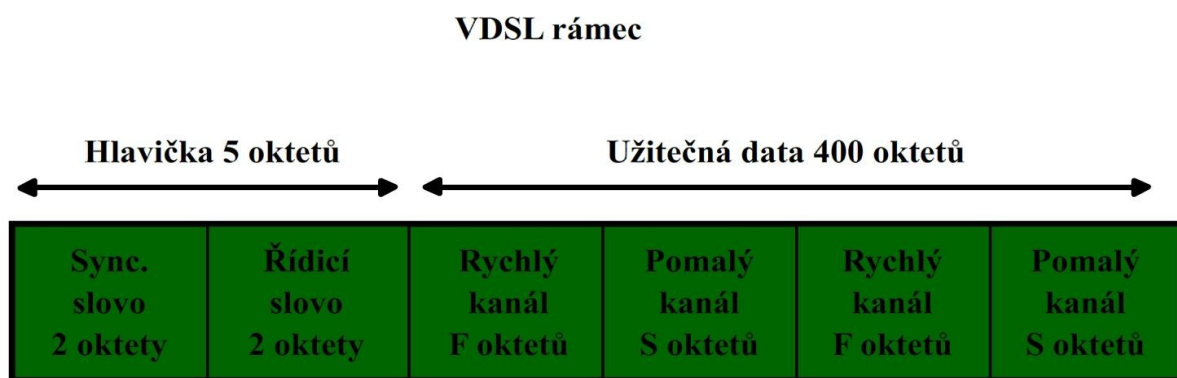
Přenos dat je principiálně řešen zapouzdřením ethernetového rámce do rámce VDSL.

Formát VDSL rámce je tvořen hlavičkou s délkou 5 oktetů zajišťující synchronizaci rámců a zbylých 400 oktetů je rozděleno do pomalých kanálů po 200 oktetech, proto $S = 200$ a $F = 0$.

Rychlý kanál obsahuje 0 oktetů, jelikož není povinný a proto, že je definován pro přenos dat citlivé na zpoždění, jako třeba hlas. Pomalý kanál je určen pro přenos dat a je povinný.

Samotné zapouzdření je provedeno odstraněním preamble z ethernetového rámce.

Zbývajícím datům od cílové adresy až po kontrolní součet je přidělena nová preamble, délka pole a volné byty jsou vyplněny prázdnými značkami.



Obr.4: Princip zapouzdření EoVDSL

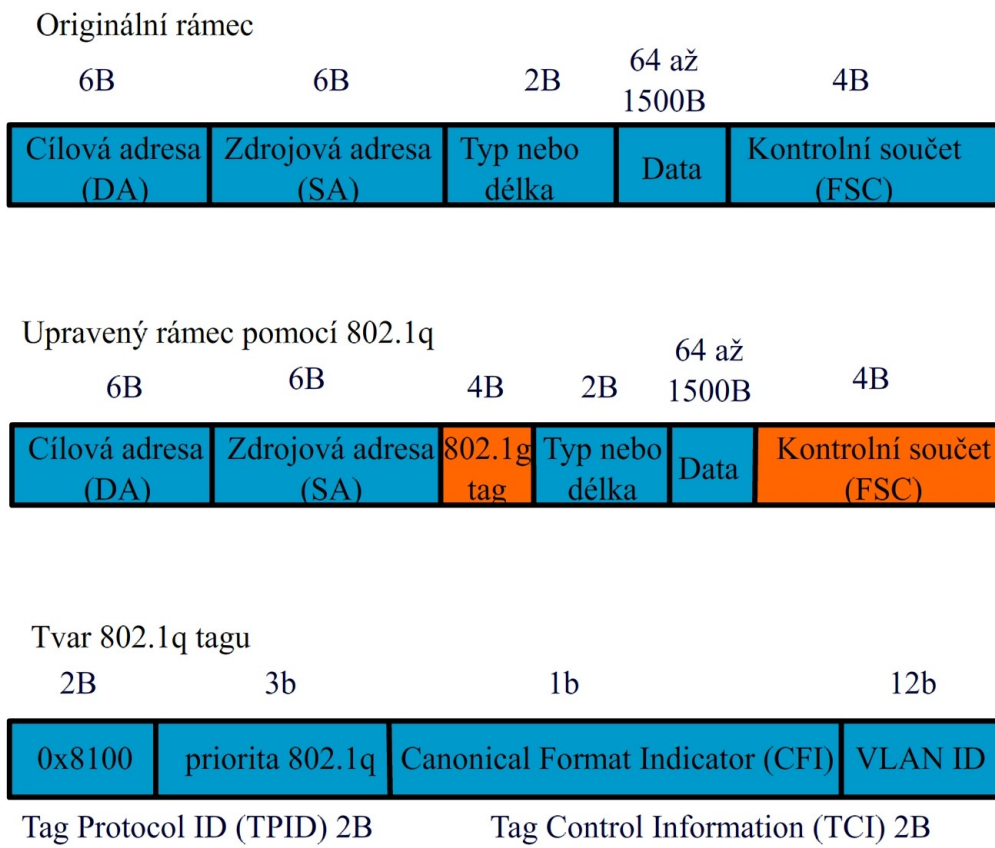
2.7. Zabezpečení

VLANy

Jedná se o virtuální místní síť sloužící k logickému rozdělení sítě nezávisle na fyzickém uspořádání. Celá síť se tedy může segmentovat na menší sítě uvnitř fyzické struktury původní sítě.

VLANa se konfiguruje na přepínači, kde jsou jednotlivé porty přiděleny do různých VLANy. Vzájemná komunikace je dovolena stanicím patřících do stejných VLANových skupin.

Problém však nastává, kdy komunikace probíhá přes více přepínačů. Komunikace mezi dvěma přepínači probíhá přes trunk port, který v sobě sdružuje více VLAN. Proto se také musí přenášet informace o zařazení do VLANy. Toto mělo za následek vzniku standardu 802.1q, který využívá značkování přenášených rámců a zabraňuje ztrátě této informace. Principiálně je to řešeno tak, že se vezme ethernetový rámec a při přechodu z jednoho přepínače na druhý nebo na směrovači pro směrování do jisté VLANy se do rámce přidá 4B značka. V případě, kde se využívá DSLAM, se značkování provádí zde a další komunikace probíhá přes trunk linku do směrovače, kde se rozhoduje o dalším směrování.



Obr.5: Značkování podle 802.1q

Filtr MAC adres

MAC adresa je jedinečný identifikátor síťového zařízení. Je používán různými protokoly spojové vrstvy referenčního modelu OSI. Také se nazývá fyzická adresa podle přiřazení síťové kartě. Ethernetová adresace skládá ze 48 bitů a je nejčastěji zapisována jako šestice dvojčíferných hexadecimálních čísel oddělenými dvojtečkami.

Na tomto základě se provádí filtrování MAC adres, tedy zakázání nebo povolení přístupu do sítě jednotlivým uživatelům identifikující se svou fyzickou adresou. Tento efekt však mizí, při znalosti MAC adresy neoprávněné osoby, protože lze tuto adresu měnit.

3 Praktická část

3.1. Návrh a realizace sítě

Tento návrh neřeší samotné připojení místní sítě do veřejné, ale připojení koncových uživatelů a přenosy dat mezi nimi v privátní síti podle požadovaných pravidel.

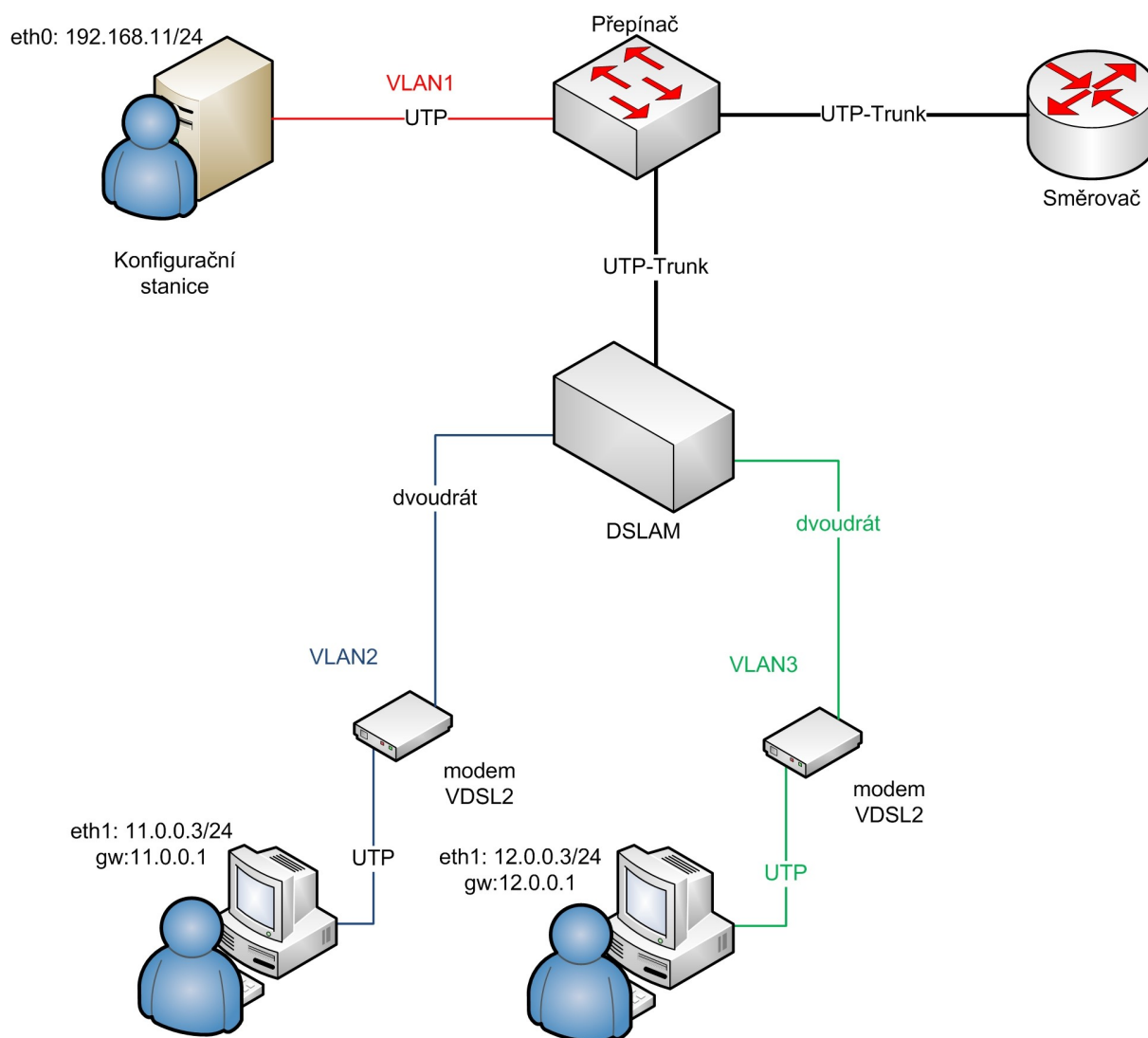
Rozdělení sítě

Celou síť lze nejjednodušeji rozdělit do 12 podsítí, které se mohou využít pro nezávislé fungování těchto částí sítě.

Tento počet je určen, dle 12 dostupných portů pro datové signály a dalších 12 dostupných portů lze využít pro signály hovorové.

Jednotlivé části sítě disponují svou adresou sítě, od které se odvíjí další přidělování IP adres síťovým prvkům spadající do této podsítě. Tyto podsítě mohou v praxi realizovat podnikové nebo domácí sítě. Avšak v tomto případě je využito jen 10 z těchto 12 portů pro vyučovací účely.

Toto konkrétní zapojení bude již dále podrobněji popsáno spolu s potřebnými konfiguracemi jednotlivých použitých prvku a další možnosti modifikace.



Obr.6: Příklad sestavené sítě

Sestavení sítě

Jak již bylo zmíněno, základem pro vybudování VDSL spojení a správu sítě tvoří přístupový multiplexor DSLAM.

Nezajišťuje pouze samotné vysokorychlostní spojení, ale také řízení a monitorování sítě spolu s jednou z mnoha možností, jako je filtrování provozu pro neoprávněné využití připojení a omezení přístupu, které stojí za zmínku. Do jeho jednotlivých datových vstupně-výstupních portů pak jsou

připojeny jedny konce dvoudrátového vedení délky, takové aby odpovídala požadované přenosové rychlosti.

Druhé konce jsou přivedeny za použití RJ-11 konektoru do DSL modemu či DSL směrovače. Přes dostupné porty modemu jsou prostřednictvím RJ-45 konektoru a UTP kabelu připojovány koncové stanice. Mimo nutných modemů a určitého počtu počítačových stanic zapojených do modemu je vhodné si uvolnit jednu stanici pro konfiguraci samotného DSLAMu a dalších použitých prvků sítě. Konfigurační stanice je dle obr.4 zapojena do přepínače, odkud má přístup k nastavení DSLAMu, tak směrovače, který je určen pro další úpravy provozu sítě.

3.2. Popis použitých zařízení

K vytvoření VDSL spojení a jeho správě byly použity dále jmenované síťové prvky.

DSLAM model: MSC1000G

Přídavná karta uvnitř DSLAMu: VLC1224G-41

Modem typu VDSL2 model: P-870MH-C1

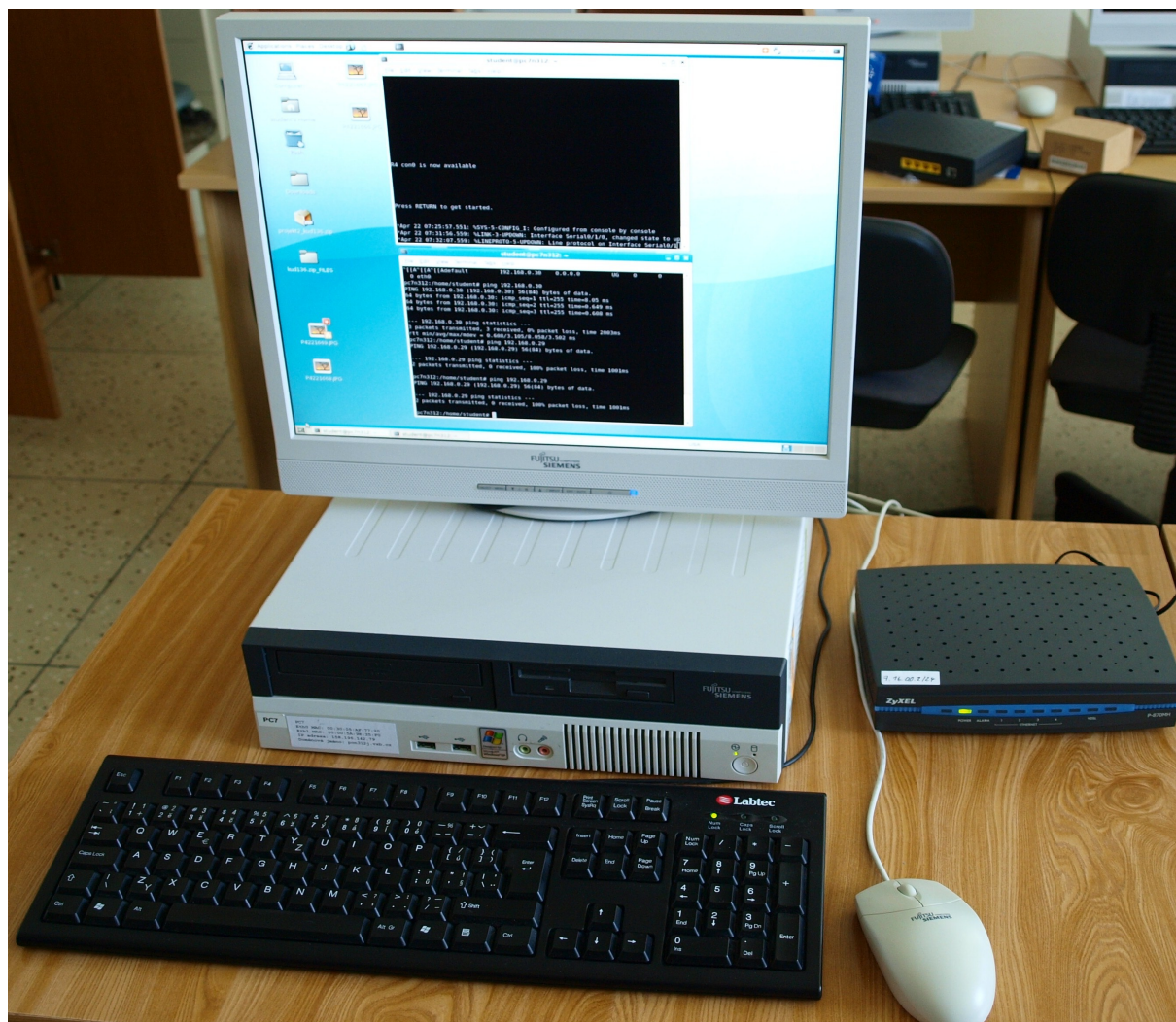
Směrovač model: Cisco 2800 Series

Přepínač: Cisco

3. Praktická část



Obr.7: Použitý DSLAM a VDSL2 modem



Obr.8: Zapojení modemu do stanice

3.3. Konfigurace síťových prvků

Konfigurace a tedy nastavení parametrů síťových prvků se většinou provádí přes webové rozhraní či prostřednictvím příkazového řádku. Prvotní nastavení je implicitně dáno výrobcem, který ve své příložené dokumentaci k zařízení uvádí defaultně přidělené hodnoty, umožňující přístup a základní funkci. Tyto hodnoty lze měnit a tím zaručit požadovanou funkci.

Nastavení konfigurační stanice

Základem pro vytvoření VDSL2 spojení je správná konfigurace přístupového multiplexoru, který vysílá a přijímá data od koncových uživatelů skrz své datové porty.

Prvním krokem je nastavit konfigurační stanici tak, aby byl umožněn přístup do jeho managementu a umožněno tak nastavení ostatních funkcí, kterými disponuje.

Jelikož byla konfigurace prováděna na OS Linux, budou tomu také přizpůsobeny použité příkazy.

Autorizovaný vstup je proveden v následujících krocích:

Zadáním následujícího příkazu v terminálu se nastaví IP adresa stanice spadající do stejné podsítě, jako řídící VLAN.

```
ifconfig eth0 192.168.1.11 netmask 255.255.255.0
```

Dále se do vyhledávacího pole libovolného prohlížeče zapíše následující hypertextová adresa

```
http:\\192.168.1.11
```

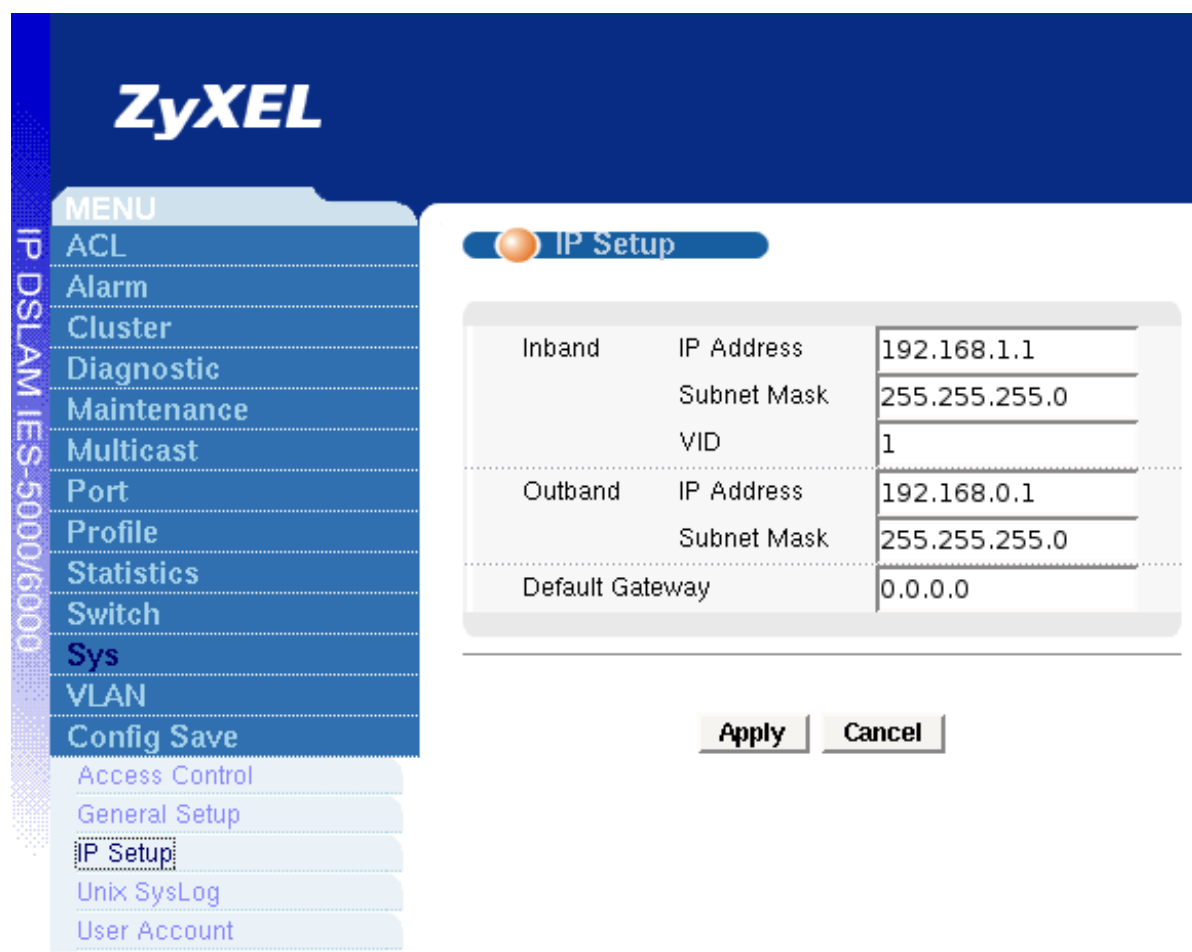
Po zadání se zobrazí uživatelské rozhraní vyžadující zadání přístupového jména a hesla.

Tyto hodnoty jsou implicitně nastaveny:

jméno = admin

heslo=1234

Nyní se může provést pokročilejší nastavení.



Obr.9: Konfigurace IP DSLAMu

Nastavení DSLAMu

Nejprve je potřeba vytvořit profil, který bude použit na některém portu nebo na několika, protože je možné používat stejné profily na více portech současně. Profil umožňuje nastavení maximální a minimální přenosové rychlosti v dopředném a zpětném směru. Dále pak maximální a minimální odstup signálu od šumu a režim přenosu paketu, kde se nabízí rychlý nebo prokládaný.

ZyXEL Home Logout

MENU

- ACL
- Alarm
- Cluster
- Diagnostic
- Maintenance
- Multicast
- Port
- Profile**
- Statistics
- Switch
- Sys
- VLAN
- Config Save

Profile

ADSL VDSL SHDSL ATM ALARM ADSL ALARM VDSL ALARM SHDSL IGMP

Name: Next

Latency Mode: interleave

	Upstream		Downstream	
Max Rate	30000	[64~45440] kbps	50000	[64~100032] kbps
Min Rate	64	[64~45440] kbps	64	[64~100032] kbps
Interleave Delay	8	[1~255] ms	8	[1~255] ms
Max SNR	310	[0~310] 0.1dB	310	[0~310] 0.1dB
Min SNR	0	[0~310] 0.1dB	0	[0~310] 0.1dB
Target SNR	90	[0~310] 0.1dB	90	[0~310] 0.1dB

Apply New Cancel

Index	Name	Latency Mode	Down / Up Max Rate (kbps)	Select
1	DEFVAL	interleave	100032 / 45440	↺
2	Next	interleave	50000 / 30000	↻

Modify Delete

Obr.10: Tvorba a modifikace profilu

Dalším krokem je nastavení samotného portu a jeho následné povolení vysílání a příjmu dat.

Nastavení se týká přidělení maximálního použitého frekvenčního pásma, výkonu a přiřazení dříve vytvořeného nebo defaultního profilu specifikující předchozí pojmy.

Zapotřebí je ještě zvolit frekvenční plán a to symetrický nebo asymetrický.

Nejdůležitější nastavení se zaměřuje na zařazení portu do VLANy a její nastavení, které je podrobněji popsáno v následující kapitole.

ID	State	Card Type	Up Time	Firmware
2	active	VLC1224G-41	02:34	V3.70(AIB.0)
3	-			
4	-			
5	-			

Obr.11: Nastavení vlastností portu

Nastavení modemu a koncové stanice

Modemy jsou připojeny dvoudrátovým vedením na jednotlivé porty DSLAMu, po kterém se realizuje samotné VDSL2 spojení typu bod-bod a reprezentují jednu podsít.

Na těchto modemech je pro usnadnění zprovoznění DHCP server, který má v rezervoáru 6 IP adres pro jejich přidělení koncovému uživateli. Vlastní konfigurace modemu probíhá v terminálu koncové stanice protokolem FTP prostřednictvím IP adresy modemu a přístup je chráněn heslem.

3. Praktická část

Modemy dovolují mj. zobrazení nastavení a výpis stavu připojení.

Přístup je umožněn po zadání následujících příkazů, příklad je individuální a vztahuje se pouze na jeden modem, všechny modemy jsou patřičně označeny:

```
ftp 11.0.0.2
```

heslo: 1234

Pro přidělení IP adresy stačí zadat:

```
dhclient eth1
```

Dále je potřeba nastavit výchozí bránu koncové stanice pro správné směrování.

K nastavení výchozí brány na koncové stanici slouží příkaz:

```
route add default gw 11.0.0.1 eth1
```

Menu 3.2 - TCP/IP and DHCP Ethernet Setup

DHCP= Server

Client IP Pool:

Starting Address= 11.0.0.3

Size of Client IP Pool= 5

TCP/IP Setup:

IP Address= 11.0.0.2

IP Subnet Mask= 255.255.255.0

Multicast= None

Edit IP Alias= No

Obr.12: Nastavení VDSL2 modemu

Port	Status	TxPkts	RxPkts	Cols	Tx B/s	Rx B/s	Up Time
LAN	100M/Full	32497	32846	0	650	576	3:16:36
VDSL	DATA	783	544	0	0	0	2:16:03

Port	EthernetAddress	IP address	IP Mask	DHCP
LAN	00:19:CB:71:CD:7F	11.0.0.2	255.255.255.0	Server

Obr.13: Výpis stavu modemu

3.4. Zabezpečení provozu

Tím se míní vysílání a přijímání dat tomu, komu byly určeny bez možnosti naslouchání neoprávněnými osobami. Povolení přístup pouze do těch částí sítě a využití zařízení, kterými síť disponuje, podle pravidel definovanýchmi správcem sítě.

Vytvoření VLANy

Před zařazením portu do nějaké VLANové skupiny je potřeba tuto VLANu vytvořit. Stojí za zmínku, že se zde jedná o statické přidělování VLANy, jelikož rovněž existuje dynamické zařazování do VLAN pomocí protokolu GARP.

Tvorba je velmi jednoduchá, nejprve je vhodné danou VLANu pojmenovat a pak jí přidělit permanentně Fix nějaký gigabitový port. Dále je nutné VLANě přidělit značku Tag, která se bude přenášet v rámci mj. i s identifikací zdrojové VLANy VID. Označení portu T znamená, že se všechny přenášené rámce skrz tento port budou značkovat a při označení U se značkování rámců provádět nebude. Jednotlivé VLANy se mohou povolit nebo zakázat, ale nelze zakázat používanou VLANu nebo VLANu řídicí.

ZyXEL Home Logout

MENU

- ACL
- Alarm
- Cluster
- Diagnostic
- Maintenance
- Multicast
- Port
- Profile
- Statistics
- Switch
- Sys
- VLAN**
- Config Save
- VLAN
- Port Setting

VLAN Setup

Enable	Name	VID
<input checked="" type="checkbox"/>	2	2

Port	Registration	Tag
sub1	Fix	<input checked="" type="checkbox"/>
sub2	Fix	<input checked="" type="checkbox"/>
up1	Fix	<input checked="" type="checkbox"/>
up2	Fix	<input checked="" type="checkbox"/>

Apply New Cancel

Show VID From 1 To 4094 Apply

Index	Name	VID	Enable	ENET Ports								Select	
				1	2	3	4	5	6	7	8		
1	1	1	V	U	U	U	U						
2	2	2	V	T	T	T	T						
3	3	3	V	T	T	T	T						

Page 1 of 1 Previous Next

Modify Delete

Obr.14: Vytvoření VLANy

Zařazení portu do VLANy

Zařazení portu do VLANy se provádí vybráním potřebné VLANy a připojením (join) VLANy k portu. Možností je opět přidělení každému rámci přenášenému skrz tento port značku identifikující zdrojovou VLANu a dále se nabízí stanovení priority, jakou se data portem budou přenášet, kde 0 znamená nejnižší a 7 nejvyšší úroveň priority. Dolní část tabulky zobrazuje VLANy, jestliže mají v označení Registration hodnotu fixed, tak těch je port členem. Ostatní vstupní pole nejsou k této úloze potřebná a týkají se možnostmi poskytovatele služeb.

ZyXEL Home Logout

MENU

- ACL
- Alarm
- Cluster
- Diagnostic
- Maintenance
- Multicast
- Port**
- Profile
- Statistics
- Switch
- Sys
- VLAN**
- Config Save
- ADSL
- VDSL
- SHDSL
- PVC
- PPVC
- IP Bridge
- Copy

VLAN Setup : 2-1 [UP](#)

PVID / Priority: 3 / 0

TLS Enable: ☐

SVID / SPriority: 1 / 0

Apply Cancel

VID	Registration	Tag
3	join	<input checked="" type="checkbox"/>

Apply Cancel

Modify Delete

Index	VID	Registration	Tag	Select
1	3	fixed	V	

Modify Delete

Obr.15: Přidělení VLANy portu

Filtrování MAC adres

Zadávají se zde fyzické adresy použitých zařízení, kterým je povoleno sdílet vysokorychlostní přenosy prostřednictvím dvoudrátového vedení do jiné podsítě, popř. při rozšíření napojení na rozsáhlejší síť např. WAN. Jednotlivé adresy se přiřazují používaným portům, na které jsou připojeny VDSL modemy a následně koncové stanice. Takto zapsané adresy je nejlépe povolit a ostatní blokovat, popř. blokovat některé a ostatní povolit.

ZyXEL Home Logout

MENU

- ACL
- Alarm
- Cluster
- Diagnostic
- Maintenance
- Multicast
- Port
- Profile
- Statistics
- Switch
- Sys
- VLAN
- Config Save
- DHCP Relay
- DHCP Snoop
- Downstream Broadcast
- MAC Count
- MAC Filter
- OUI Filter
- Packet Filter
- 802.1X PNAC

MAC Filter

Slot **2** Port **1** Load

Enable ☒

Mode **accept**

MAC1	00:00:5a:9e:35:f0	MAC6	00:00:00:00:00:00
MAC2	00:00:00:00:00:00	MAC7	00:00:00:00:00:00
MAC3	00:00:00:00:00:00	MAC8	00:00:00:00:00:00
MAC4	00:00:00:00:00:00	MAC9	00:00:00:00:00:00
MAC5	00:00:00:00:00:00	MAC10	00:00:00:00:00:00

Apply Cancel

ID	State	Card Type	Up Time	Firmware
2	active	VLC1224G-41	01:52:11	V3.70(AIB.0)
3	-			
4	-			
5	-			

Obr.16: Nastavení MAC filtru

Nastavení směrovače

Konfigurace směrovače je zde velmi nezbytnou částí, protože se zde odehrává samotné přenosy dat mezi různými podsítěmi patřící do různých VLANových skupin, pokud je to žádáno.

Jsou zde nahrazovány značky VLANových skupin těmi, které patří VLANě směrované podsítě.

Principiálně je použité rozhraní směrovače rozděleno do tolika linek, kolik je VLANových skupin, do kterých chceme nějakým způsobem přistupovat. Toto rozhraní se nazývá trunk linka, která v sobě sdružuje několik linek, tedy svazek. Linkám jsou přiřazeny odpovídající VLANy a nastaveny IP adresy, které jsou na koncových stanicích patřících do stejné podsítě nastaveny jako výchozí brány. Konfigurace se provádí v terminálu v prostředí minicomu, kde se zadají následující příkazy.

3. Praktická část

```
Router>
```

```
Router#enable
```

```
Router#configure terminal
```

Těmito příkazy se dostaneme do konfiguračního režimu směrovače.

```
Router(config)#interface fastEthernet 0/0.1
```

Zde je zvoleno konfigurované rozhraní.

```
Router(config-subif)#encapsulation dot1Q 2
```

Následně je rozhraní zařazeno do VLANy č.2, která používá zapouzdřování značek.

```
Router(config-subif)#ip address 11.0.0.1 255.255.255.0
```

```
Router(config-subif)#no shutdown
```

```
Router(config-subif)#exit
```

```
Router(config)#exit
```

Dalším příkazem je konfigurovanému rozhraní přidělena IP adresa a maska podsítě.

Nakonec nesmíme zapomenout rozhraní uvést do provozu

```
Router#show vlans
```

Takto se vypíše aktuální stav konfigurace VLAN na směrovači.

3. Praktická část

Virtual LAN ID: (IEEE 802.1Q Encapsulation)

VLAN Trunk Interface: FastEthernet0/0

This is configured as native Vlan for the following interface(s) :

Protocol Configured:	Address:	Received:	Transmitted:
Other		0	825

114 packets, 20912 bytes input
825 packets, 90512 bytes output

Virtual LAN ID: 2 (IEEE 802.1Q Encapsulation)

VLAN Trunk Interface: FastEthernet0/0.1

This is configured as native Vlan for the following interface(s) :

Protocol Configured:	Address:	Received:	Transmitted:
IP	11.0.0.1	313	241
Other		0	39

313 packets, 46997 bytes input
280 packets, 20300 bytes output

Virtual LAN ID: 3 (IEEE 802.1Q Encapsulation)

VLAN Trunk Interface: FastEthernet0/0.2

This is configured as native Vlan for the following interface(s) :

Protocol Configured:	Address:	Received:	Transmitted:
IP	12.0.0.1	128	28
Other		0	6

128 packets, 8858 bytes input
34 packets, 20300 bytes output

Obr.17: Výpis VLAN na směrovači

3. Praktická část

```
pc7n3l2:/home/student# ping -c 3 12.0.0.1
PING 12.0.0.1 (12.0.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 12.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=14.9 ms
64 bytes from 12.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=14.5 ms
64 bytes from 12.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=14.6 ms

--- 12.0.0.1 ping statistics ---
packets transmitted 3 received, 0% packet loss time 2010ms
rtt min/avg/max/mdev = 14.576/14.718/14.921/0.203 ms
pc7n3l2:/home/student# ping -c 3 12.0.0.3
PING 12.0.0.3 (12.0.0.3) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 12.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=28.2 as
64 bytes from 12.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=27.9 ms
64 bytes from 12.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=255 time=28.3 ms

--- 12.0.0.3 ping statistics --3
packets transmitted, 3 received, 0% packet loss time 2006ms
rtt min/avg/max/mdev = 27.998/28.199/28.314/0.142 ms
```

Obr.18: Test dostupnosti směrovače a stanice

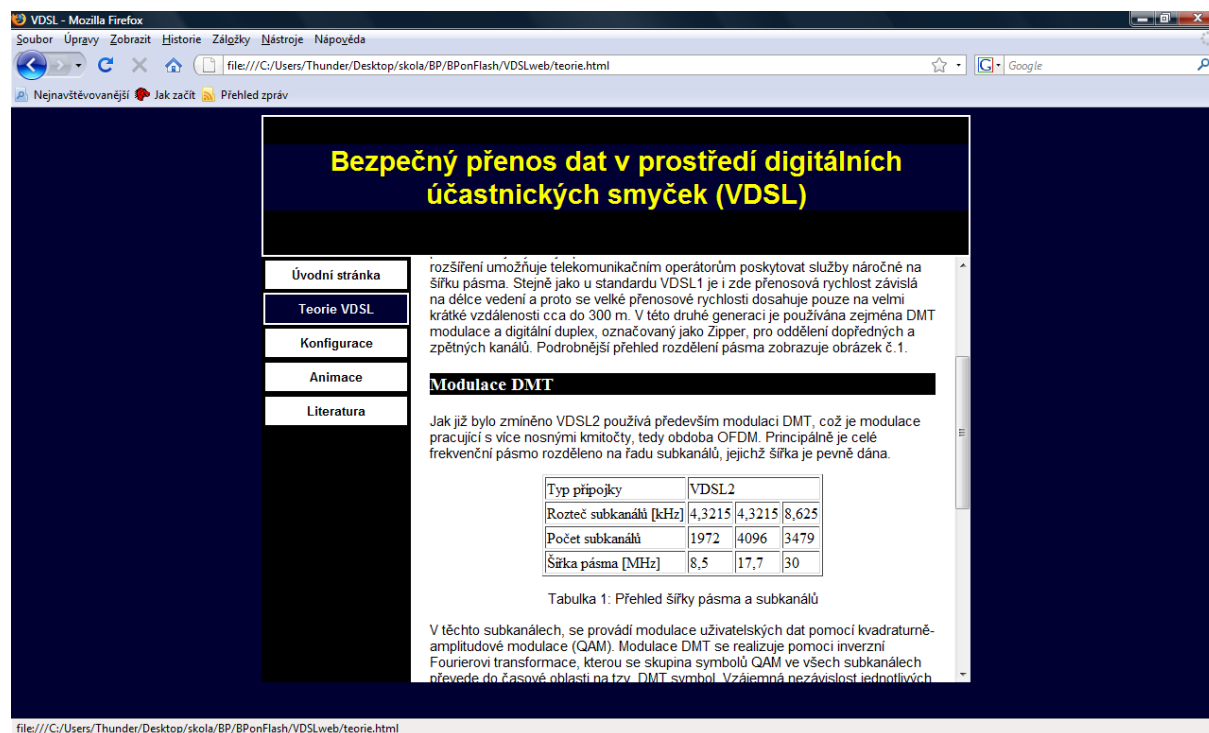
Tímto výpisem bylo otestováno spojení mezi stanicí patřící do podsítě 11.0.0.0 s IP adresou 11.0.0.3 a výchozí bránou podsítě 12.0.0.0, která je na směrovači nastavena na 12.0.0.1.

Dále pak mezi stanicí ověřovanou na dostupnost z podsítě 12.0.0.0 s IP adresou 12.0.0.3.

4 Grafická prezentace

Byla vytvořena webová prezentace skládající se ze souborů *.html, vytvořené v editoru PSPad.

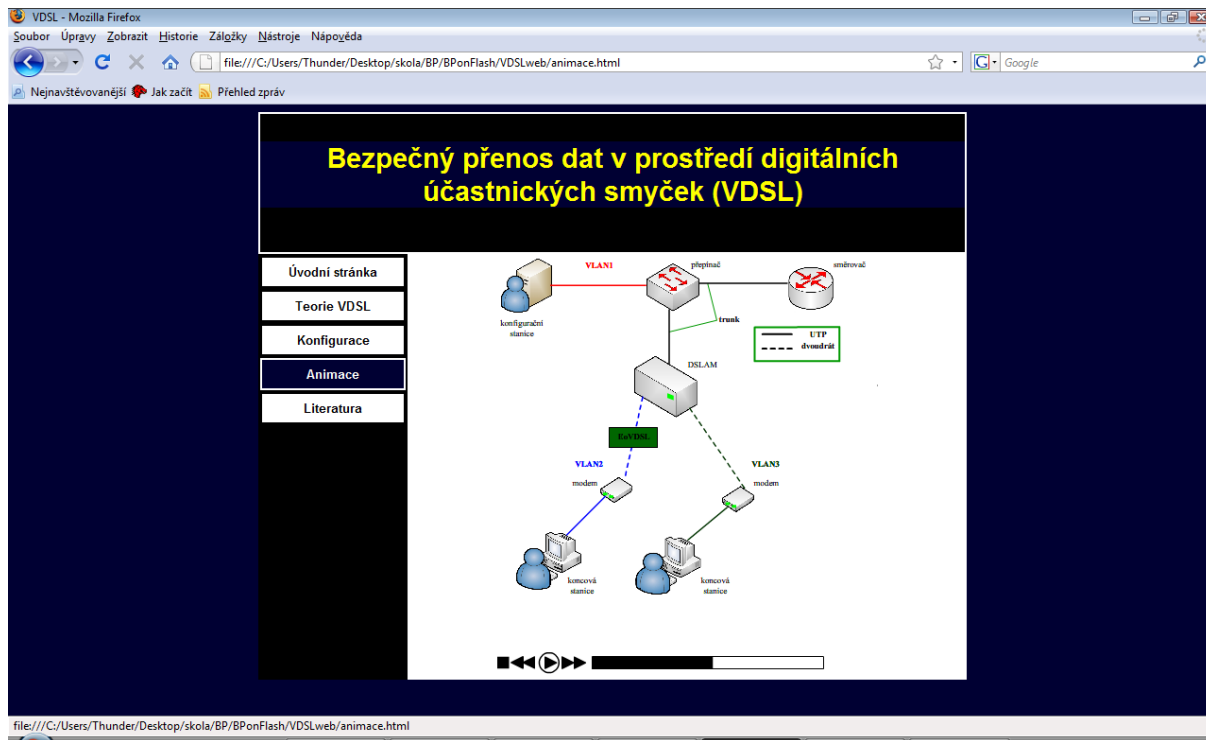
Tato prezentace obsahuje teorii o VDSL technologii a návod na sestavení a konfiguraci sítě.



Obr.19: Zobrazení webové prezentace

4. Grafická prezentace

Jako další součástí grafické prezentace byla vytvořena animace v programu Macromedia Flash 8, která znázorňuje tvorbu sítě využívající VDSL2 spojení, potřebné síťové prvky a tok dat mezi nimi.



Obr.20: Zobrazení animace

5 Závěr

V této práci byla podrobně popsána širokopásmová technologie VDSL, jak její praktické použití, tak charakteristické vlastnosti.

Bylo vytvořeno laboratorní pracoviště s vhodnou topologií pro realizování zabezpečeného přenosu dat mezi koncovými uživateli a zabránění neoprávněného využívání prostředků sítě.

Pro vizuální znázornění byla vytvořena webová prezentace spolu s animací ve flashi, zobrazující stavbu, konfiguraci a principy provozu sítě, která je přiložena v příloze této práce.

Jelikož se v dnešní době velmi rozšiřují optické přípojky, které umožňují daleko větší přenosové rychlosti na velké vzdálenosti a dovedení až k samotnému uživateli, je tato technologie do budoucna málo rozšiřitelná a tedy se nejspíš bude přecházet na samotné optické kabeláže bez použití metalického vedení.

Využití druhé generace VDSL bude pravděpodobně tam, kde je již tato přístupová síť realizována a její prostředky plně vystačí žadaným službám.

Tedy snaha modifikovat a směřovat dál k lepšímu VDSL2 technologii nastane v místech, kde není možné z jakéhokoliv důvodu přivést optické vedení nebo ho není zapotřebí.

Výhodou, jak již bylo řečeno je možnost koexistence s analogovou POTS a digitální ISDN hovorovou službou. Dále její snadná instalace a konfigurace. Toto již ale není rozhodující, protože se značně rozšiřuje IP telefonie. Značným plus je to, že umožňuje konvergenci s ethernetem a využití tak jeho zařízení a služeb bez nutnosti použití protokolové konverze.

Jako případné rozšíření zabezpečení na základě této technologie by bylo vhodné využití šifrování dat prostřednictvím vpn tunelu a další využití filtru paketů, kterými DSLAM disponuje.

Literatura

- [1] JAREŠ, P. Vektorová modulace DMT. *Access server* [online]. 2007 [cit. 2007-01-17].
Dostupný z WWW: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?nazevclanku=vektorova-modulace-dmt&cislocclanku=2007010002>
- [2] <http://www.samuraj-cz.com/clanek/vlan-virtual-local-area-network/>
- [3] <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01006/index.html>
- [4] PUŽMANOVÁ, R. *Širokopásmový internet Přístupové a domácí sítě*. Brno: Komputer Press 2004. 384 s. ISBN 80-251-0139-8
- [5] http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2006_01/files/vdsl2.pdf
- [6] VODRÁŽKA, J. Druhá generace VDSL2. *Access server* [online]. 2005 [cit. 2005-11-30].
Dostupný z WWW: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2005093001>
- [7] www.ictregulationtoolkit.org/en/Document.2957.pdf
- [8] VODRÁŽKA, J. Varianty přípojek VDSL2. *Access server* [online]. 2005 [cit. 2005-05-25].
Dostupný z WWW: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?nazevclanku=varianty-pripojek-vdsl2&cislocclanku=2006052401>
- [9] http://www.teledata-networks.com/data/SIP_STORAGE/files/1/221.pdf

Přílohy

1. obsah CD
 - elektronická verze bakalářské práce .pdf
 - webová prezentace, soubory .html
 - animace ve flashi, soubory .swf, .fla
 - soubory k literatuře .pdf